

砂浜域における沿岸構造物周辺の底生生物群集について

福田 光 男*・坪田 幸 雄**・竹田 義 則***・袖野 宏 樹****

1. はじめに

開放性砂浜域に沿岸構造物を建設することは、その周辺に生息する底生生物へ様々な影響を及ぼしており、その影響を把握するために適切な評価手法を得ることが重要である。沿岸構造物は周囲の波浪、流況などの物理環境の変化と、それに伴い底質、水質などの自然（生息）環境を変化させることになる。この底質、水質などの自然環境とそこに生息する生物種の関係は近年、玉井（1985）や林（1987）など生物研究機関等により既に多くの知見が得られているが、その場所が曝されている波浪、流れなどの物理環境との関係については十分な研究はなされていない。

本研究は、砂浜域における底生生物生態系への物理環境の影響を、港湾周辺の様々な物理環境条件下で調査することでその因果関係を明らかにし、今後の環境評価手法の基礎資料とするものである。ここでは、平成 11、12 年度に行った苫小牧東港と石狩湾新港周辺の現地調査の結果から、底生生物の生息要因と底質および波浪の関係を明らかにするものである。

2. 調査・解析内容

（1）底質・底生生物調査（現地調査）

現地調査は、太平洋側の苫小牧東港周辺（以下、苫小牧）と日本海側の石狩湾新港周辺（以下、石狩）の 2 海域で実施した。調査地点は、沿岸構造物との関係から、波当たりの強い外海・弱い港内・中間にあたる港湾近傍において、水深 20 m 以浅の苫小牧 29 地点、石狩 27 地点とした。調査時期は、季節変化を確認するため夏期と冬期の 2 回とし、平成 11 年度の苫小牧・夏期を平成 11 年 9 月 22 日、冬期を平成 12 年 1 月 30、31 日、平成 12 年度の夏期を平成 12 年 9 月 29 日、冬期を平成 13 年 2 月 14、15 日、また、平成 11 年度の石狩・夏期を平成 11 年 10 月 6 日、冬期を平成 12 年 2 月 7、8 日、平成 12 年度の夏期を平成 12 年 9 月 30 日、冬期を平成 13 年 2 月 21 日に行っ

た。

底質調査は、船上よりスミス・マッキンタイヤ採泥器を使用して底質を採取し、粒度試験、強熱減量分析を行った。底生生物調査も、船上よりスミス・マッキンタイヤ採泥器（0.05 m²×3 回=0.15 m²）を使用して底質を採取し、1 mm ふるいに通して異物を除去し残留物をホルマリン 10% 溶液による固定・保存後、マクロベントス（以下、ベントス）の種の同定、個体数の検鏡分析を行った。

（2）流速解析

流速は、平成 9 年～11 年の 3 年間における現地波浪観測結果から、夏期（6～8 月）、冬期（12～2 月）の結果を用い、微小振幅波理論により底面軌道流速値を算出し、累加出現率 50% の流速値（以下、50% 未超過流速）を用いた。なお波高は、水深と沿岸構造物を地形とした波高数値計算により求めた。

3. 調査・解析結果

底質および底生生物は、苫小牧と石狩での各 4 回（夏期 2 回、冬期 2 回）の調査結果を用い、底質およびベントスに分けて、各海域毎に 4 回のデータ（苫小牧 29 地点×4 回=116 データ、石狩 27 地点×4 回=108 データ）を一同にクラスター分析を行い、グループとして解析した。本文では苫小牧について以下に詳述する。なお、石狩については必要に応じて記述する。

（1）底質およびマクロベントスグループ

底質のクラスター分析は、礫、粗砂、細砂、シルト、粘土含有量の粒度組成と強熱減量をパラメーターとし、比較する 2 地点間の類似性を距離として評価しユークリッド平方距離によるワード法を用いた。ベントスのクラスター分析は、比較する 2 地点間の類似性を類似度として評価し木元の類似度指数に基づく Mountford の平均連結法（木元, 1972）を用いた。なお、2 地点間の類似性が高いと、ユークリッド平方距離は小さくなり、木元の類似度指数は大きくなる。これらにより、底質ならびにベントスのグループをおおむね 5 グループにするものとし、底質はユークリッド平方距離が約 8、ベントスは木元の類似度指数が約 0.1 で評価した。底質グループ（S1～S5）は、S1 はシルト・粘土が主体、S2 は砂分にシ

* (独)北海道開発土木研究所 水産土木研究室
** 正会員 (独)北海道開発土木研究所 水産土木研究室
*** 北海道開発局 釧路開発建設部
**** 正会員 日本データサービス(株)

ルト分を多く含む、S3は細砂分が主体、S4は粗砂が主体、S5は礫を主体の5グループである。なお、S1→S5の順で細粒分が少なくなっている。一方、ベントスグループは6グループとなり、各グループの優占4種を表-1に示す。ベントスグループ(BI~BVI)の特徴は優占種が生息する底質環境から評価した。優占種の生息する底質環境は、菊地(1979)による閉鎖性内湾域の砂泥底底生生物と底質環境や中尾(1977)による開放性内湾の底生生物と底質環境の研究に基づき行った。ベントスグループの特徴は、BIは泥底のチョノハナガイや砂泥底のミズヒキゴカイ科、BIIは砂泥底のミズヒキゴカイ、BIIIは砂底のツノヒゲソコエビ科などの甲殻類、BIVは砂泥底のギボシイソメ科、BVは砂泥底のケシトリガイや泥底のチョノハナガイが主に生息している。なお、BVIについては、これらの研究からは評価ができなかった。

(2) 底質と沿岸構造物

底質グループの平面分布における季節変化を図-1に示す。底質グループの季節変化は、地点B-3, 4を除く27地点で同じグループが出現している。グループの重複回数別の地点数は、2回が5地点、3回が10地点、4回が12地点であり、全体として底質の季節変動が小さい海域と考えられる。また、底質グループの平面分布は、全体として細砂分を主体とするS3の割合が大きい海域である。各グループの平面分布の特徴を以下に示す。シルト・

粘土が主体のS1は、港内や港湾近傍の深い水深で波浪の影響が小さい範囲に分布する。砂分にシルト分を多く含むS2は、港内の浅い水深と外海や港湾近傍の中位から深い水深の波浪の影響が中位の範囲に分布する。細砂分が主体のS3は、外海や港湾近傍の浅い水深から中位の水深で波浪の影響の大きい範囲に分布する。粗砂が主体のS4および礫を主体とするS5は、港湾近傍や外海の浅い水深から深い水深で波浪の影響が小さい範囲から大きい範囲に分布する。このように出現地点数の少ないS4, S5を除くと粒度組成から見た各グループの平面分布は、防波堤の遮蔽効果と水深に因り規定される海底での波浪環境と関係があることが確認された。石狩の図示はしていないが、両海域を比較すると、4回の調査結果よりグループの重複回数が3~4回と安定した地点の割合は苫小牧が石狩に比べ少ないことから、苫小牧が石狩より変動が大きい海域と考えられる。

(3) マクロベントスグループと沿岸構造物

ベントスグループの平面分布における季節変化を図-2に示す。ベントスグループの季節変化は、全調査地点で同じグループが出現している。グループの重複回数別の地点数は、2回7地点、3回が9地点、4回が13地点と、全体としてベントスの季節変動が小さい海域と考えられる。ベントスグループの平面分布の特徴を以下に示す。砂泥底のミズヒキゴカイや泥底のチョノハナガイが優占

表-1 マクロベントスグループの優占種

優占順位	BI (7地点)	BII (55地点)	BIII (39地点)	BIV (3地点)	BV (10地点)	BVI (2地点)
	和名	和名	和名	和名	和名	和名
優占第1位	チョノハナガイ (二枚貝)	(ナナティソメ科) (多毛類)	(ドロクダシ科) (甲殻類)	(スピオ科) (多毛類)	ケシトリガイ (二枚貝)	ケンサキスピオ (多毛類)
優占第2位	(フサゴカイ科) (多毛類)	(ミズヒキゴカイ科) (多毛類)	(ツノヒゲソコエビ科) (甲殻類)	クルマナマコ科 (海鼠類)	(ケヤリ科) (多毛類)	(ディアステリス科) (甲殻類)
優占第3位	ミズヒキゴカイ (多毛類)	(スピオ科) (多毛類)	ジウムシ (甲殻類)	(ナナティソメ科) (多毛類)	チゴキザミガイ (二枚貝)	チマキゴカイ (多毛類)
優占第4位	ナガホコムシ (多毛類)	紐形動物門	ドーンホソナグマ (甲殻類)	(ギボシイソメ科) (多毛類)	チョノハナガイ (二枚貝)	(スピオ科) (多毛類)

※表中の()については、属名および種名の和名がついていないもの

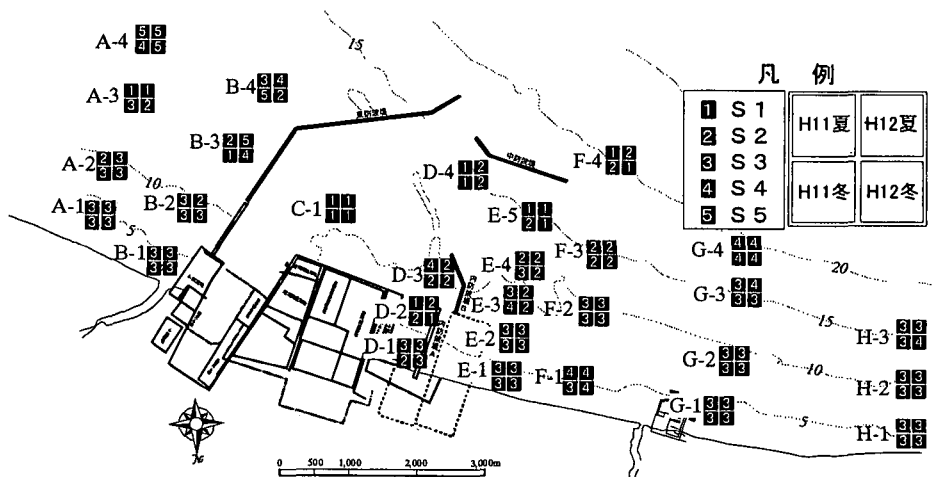


図-1 底質グループの平面分布における季節変化

種のB Iは、港湾近傍の中位から深い水深の波浪の影響が中位の範囲に分布する。砂泥底に生息するミズヒキゴカイ科などの多毛類が優占種のB IIと泥底のチヨノハナガイや砂泥底のケシリガイが優占種のB Vは、港内と港湾近傍や外海の中位から深い水深の波浪の影響が比較的に小さいから中位の広い範囲に分布する。砂底の甲殻類が優占種のB IIIは、外海や港湾近傍の浅い水深から中位の波浪の影響が大きい範囲に分布する。このように、ベントスの平面分布は、前述した防波堤の遮蔽効果と水深に因り規定される海底での波浪環境に関係がある底質環境との関係が確認された。石狩の図示はしていないが、両海域のベントスグループを比較すると、グループの重複回数が3~4回と安定した地点の割合は苫小牧が石狩に比べ少ないことから、苫小牧が石狩より変動が大きい海域と言える。

(4) マクロベントスと底質

底質およびベントスグループの季節変化を示した図-1, 2より、各地点で同じグループが2~4回出現した重複グループで代表させた底質およびベントスグループの平面分布を図-3に示す。なお、重複グループが2つあるものは両方を併記した。ベントスと底質グループの代表値が得られた地点は27地点であった。また、ベントスグループは、B I~VIがB I~Vに集約された。この図では、ベントスと底質の番号が同じ地点(例えばIIと2)が19地点(併記地点4地点含む)、番号が1つ違う地点(例えばIIと1および3)が7地点、その他1地点となっている。前述したように、S1~S5およびB I~B VIの番号付けは、各々細粒分の多さおよび底生生物生息環境としての底質環境を基に行っている。これらのことから、ベントスグループの優占種が生息する泥底、砂泥底および砂底の底質環境と細粒分が多い順に並べた底質グルー

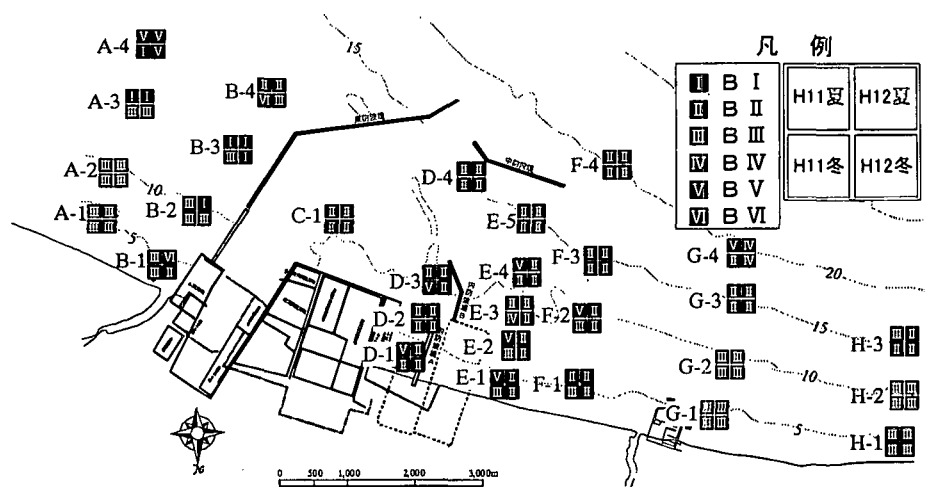


図-2 マクロベントスグループの平面分布における季節変化

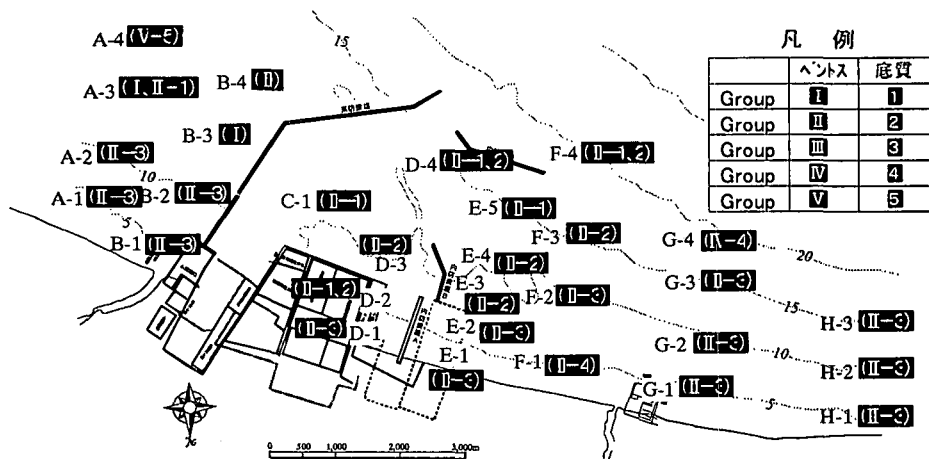


図-3 マクロベントスおよび底質の代表グループの関係

プがおおむね一致すると考えられる。各グループに着目すると優占種が泥底や砂泥底に生息するBI(1地点)と砂泥底に生息するBIIは、シルト、粘土が多いS1, S2, 細砂分が主体のS3に分布する。優占種が砂底に生息するBIIIは、細砂分が主体のS3に分布する。優占種が砂泥底に生息するBIV(2点)は、粗砂が主体のS4に分布する。しかし、優占種が泥底や砂泥底に生息するBV(1地点)は、礫を主体のS5に分布しており、優占種が生息する底質環境と粒度組成による底質とは一致しなかった。礫が主体の地点を除くと、閉鎖性内湾や開放性内湾における底生物と底質環境の関係は、開放性海域においてもおおむね同様の関係が確認された。また、石狩においては、全調査地点の27地点で重複グループの代表値が得られ、ベントスと底質の番号が同じ地点が16地点(併記地点2地点含む)、番号が1つ違う地点が10地点、その他1地点となっており、苫小牧と同様の結果であった。

4. 底質(細粒分・強熱減量)および流速と底生物

(1) 底質(細粒分・強熱減量)と流速

全調査における細粒分(75 μ m未満)含有率と流速の関係を図-4に示す。全調査地点のうち約7割が流速10 cm/s以下の範囲に分布しているが、その範囲では細粒分は0~100%と広い範囲に分布している。また、流速の増加に伴い細粒分含有率の上限値が減少し10%程度に収束している。流速が小さい範囲の細粒分の分布が広いのは、前述した底質グループが港内や港湾近傍と外海の中位から深い水深の波浪の影響が小さい範囲に、細粒分の多いS1, S2と粗砂や礫を主体とした細粒分の少ないS4, S5が分布するためと考えられる。一方、流速が増大するに伴い細粒分含有率が10%程度にしているのは、外海や港湾近傍の比較的浅い水深の波浪の影響が大きい範

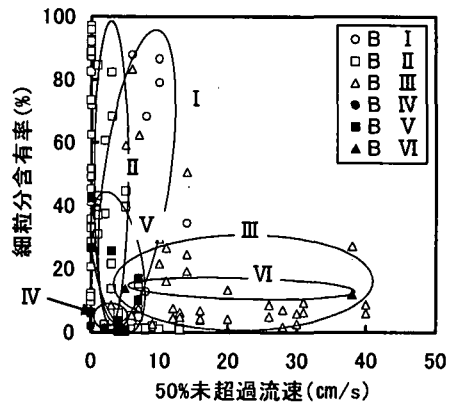


図-5 マクロベントスグループと底質および流速

围に、細粒分の少ないS3, S4が分布するためと考えられる。

(2) ベントスグループと底質および流速

ベントスグループと底質の細粒分および流速の関係を図-5に示す。ベントスグループの分布にバラツキはあるが、各グループと細粒分および流速の関係は、おおむね以下の4点に集約される。

- ① グループ分布は、縦軸の細粒分と横軸の流速に平行なL字形を示す。
- ② BI, BIIは、細粒分が0~100%の範囲で、流速が0~10 cm/sの小さい範囲に分布する。
- ③ BIIIは、流速が5~40 cm/sの範囲で、細粒分が0~30%の小さい範囲に分布する(BVIを含む)。
- ④ BVは、流速が0~10 cm/sの小さい範囲で、細粒分が0~40%の比較的小さい範囲に分布する(IVを含む)。

なお、図示はしていないが、強熱減量についても同様の傾向が得られた。

これらのことから、底生物群集の生息要因は、流速に依存するBI, BIIと、底質に依存するBIIIと、底質と流速に依存するBVに大別される。これらの結果から、底生物群集の生息環境は、底質(細粒分、強熱減量)と流速を用いることによりおおむね評価することができると考えられる。

(3) グループと構成種および底質と流速

ベントスグループと表-1に示した優占種毎の分布範囲を底質の細粒分および流速の関係から求めたものの一例を図-6に示す。なお、優占種が出現した個体数の幅が広い場合、種毎にまた調査毎に、全調査地点(苫小牧29地点、石狩27地点)における総個体数の5%以上の個体数が出現した地点を抽出し、これを4回の調査結果全て適用して分布範囲を特定した。これによると、ベントスグループと優占4種の分布範囲の関係は、大きく2つの

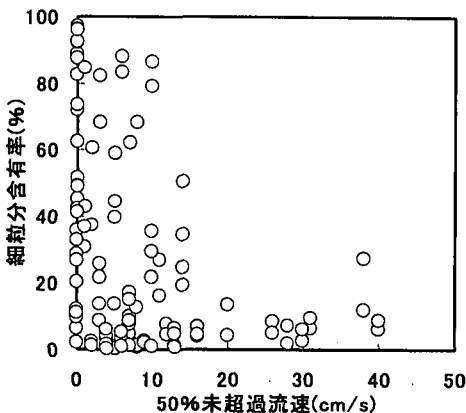


図-4 細粒分含有率と流速

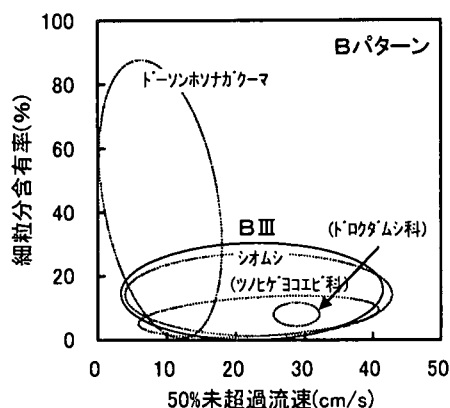
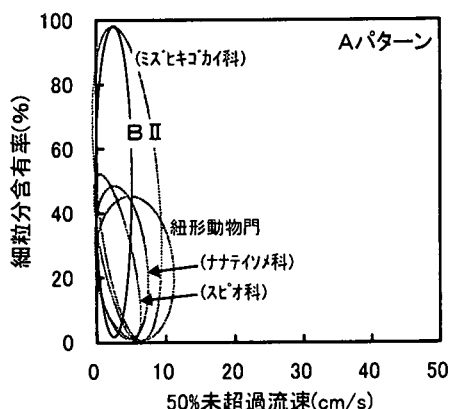


図-6 マクロベントスグループと優占種

パターンに分けられる。Aパターンは、ベントスグループの分布とその構成する優占種の分布がおおむね重複する。すなわち分布範囲が流速に依存する優占種で構成されたグループである。Bパターンは構成する優占種の分布範囲が流速に依存するドーソンホソナガクマと底質に依存する他の3種と、異なる要因に依存する種で構成され、種の分布範囲の重複部分にベントスグループの範囲がある。今回の調査では、これらのベントスグループと構成する優占種の分布関係は、上記の2パターンが確認されたが、ほとんどがAパターンであった。

(4) 環境指標種と底質ならび流速

菊地 (1979) と中尾 (1977) により環境指標種として確認されている二枚貝類と多毛類に着目し、泥底に生息する種と砂底に生息する種を対象に底質および流速の関係を検討した。指標種の分布範囲の特定は、前述と同じ調査毎に総個体数の5%以上の個体数が出現した地点より求めた。一例として二枚貝類 (主に泥底に生息するチヨノハナガイ、シズクガイ、ヌノメアサリ、および主に砂底に生息するウバガイ、サラガイ、バカガイ) の分布を図-7に示す。この図より、指標種の生息要因は、泥底

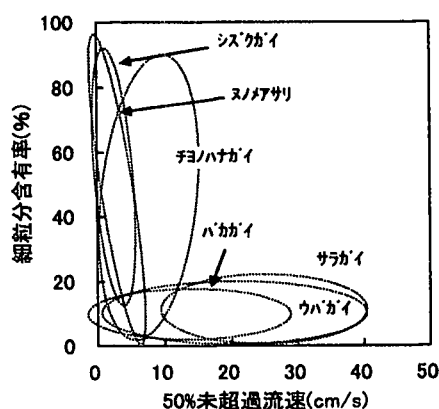


図-7 環境指標種と底質および流速

に生息する二枚貝 (チヨノハナガイ、シズクガイ、ヌノメアサリ) は流速、砂底に生息する二枚貝 (ウバガイ、サラガイ、バカガイ) は底質 (細粒分含有率) に依存すると考えられる。これらは、多毛類においても同様の傾向が確認された。

5. おわりに

開放性砂浜域における底生生物の生息と底質および流速との関係について底生生物および底質をグループとして解析を行った結果、以下のことが分かった。

- ① 底質および底生生物グループの経時変化は小さい。
- ② 底生生物グループは底質グループとの関係が強い。また優占種は底質の粒度組成を反映する。
- ③ 底生生物グループの生息要因は、底質 (細粒分・強熱減量) および流速から評価できる。また、グループと構成種の分布パターンがおおむね確認できた。
- ④ 調査結果から環境指標種の生息要因は、泥底域に生息する種は流速に依存し、砂底域に生息する種は底質に依存する。

今後は、開放性砂浜域に沿岸構造物を建設する場合の底生生物への影響を評価する指標生物の抽出を目指すものである。

参考文献

- 菊地泰二 (1979): 海洋汚染とベントス, 環境科学としての海洋学 3, 東京大学出版会, pp. 352-369.
- 木元新作 (1976): 動物群集研究法 I—多様性と種類組成—, 共立出版, pp. 131-166.
- 玉井恭一 (1985): 日本全国沿岸海洋誌, 東海大学出版会, pp. 742-744.
- 中尾 繁 (1977): ホッキガイ漁場の底生動物グループと底質環境, 北大水産叢報 28, pp. 95-105.
- 林 勇夫 (1987): 陸棚のマクロベントスグループ—若狭湾海域での例を中心に—, 海洋科学, Vol. 19, No. 2, pp. 83-88.